

PERENCANAAN JARINGAN *LONG TERM EVOLUTION* (LTE) FREKUENSI 1800MHz DI JEMBATAN SURAMADU DENGAN *PHYSICAL CELL IDENTITY* (PCI)

PLANNING OF LONG TERM EVOLUTION (LTE) NETWORK ON 1800 MHz IN SURAMADU BRIDGE WITH PHYSICAL CELL IDENTITY (PCI)

Andhan Marhadi^[1], Uke Kurniawan Usman, Ir., MT.^[2], Hafidudin, ST., MT.^[3]

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹andhan.marhadi@gmail.com, ²ukeusman@telkomuniversity.ac.id, ³hafidudin@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

LTE merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya yaitu UMTS (3G) dan HSPA (3,5G) sedangkan LTE disebut sebagai generasi ke-4 (4G) yang diberikan pada sebuah proyek dari *Third Generation Partnership Project* (3GPP) untuk memperbaiki standar mobile phone generasi ke-3. Karena pemerataan kemajuan teknologi di berbagai daerah termasuk Surabaya dan Madura, maka diperlukan sebuah penerapan teknologi LTE di daerah tersebut khususnya Jembatan Suramadu. Penerapan ini tidak akan berjalan tanpa adanya perencanaan yang baik mengenai suatu jaringan LTE untuk dapat mencakup seluruh area jembatan Suramadu. Agar penerapan LTE dapat optimal maka diperlukan perancangan cakupan area LTE, link budget dan jumlah eNode B yang dibutuhkan.

Pada penelitian ini, telah dilakukan perencanaan jaringan LTE pada frekuensi 1800 MHz di sepanjang jembatan Suramadu (Surabaya Madura). Perencanaan menggunakan metode konvensional yaitu dari segi *coverage* dan *capacity* pada sisi *radio access*. Kemudian dilakukan perencanaan sesuai dengan *neighbour relation* dan *Physical Identity Cell* (PCI). PCI merupakan salah satu parameter dengan nilai antara 0 sampai 503 yang digunakan untuk memberikan identitas tiap transmitter untuk mengirimkan informasi ke tiap pengguna di cell tertentu. Sehingga pengguna di cell lain tidak mengganggu informasi di cell tersebut karena kode PCI yang diberikan memenuhi syarat *free collision* dan *free confusion*.

Parameter dalam tugas akhir ini dilakukan sesuai standar vendor telekomunikasi Huawei. Alokasi PCI harus dilakukan dalam LTE untuk mengidentifikasi suatu cell. Simulasi menggunakan *software* perencanaan dan optimisasi Atoll dari forsk. Hasil analisa perhitungan menunjukkan bahwa nilai BLER sebelum diberikan alokasi PCI yaitu 9,002 km² kemudian setelah pengalokasian PCI menjadi 9,123 km² meningkat sebesar 0,85%, kemudian karena interferensi yang berkurang maka nilai rata-rata C/(I+N) naik sebesar 11,23 dB yang sebelumnya 11,24 dB, sehingga *average user throughput* mengalami kenaikan dari 38.067,28 kbps menjadi 38.093,06 kbps.

Kata Kunci : Long Term Evolution (LTE), link budget, coverage, capacity, free collision, free confusion, PCI

Abstract

LTE is a development of the previous technology is UMTS (3G) and HSPA (3.5G) while LTE is referred to as the 4th generation (4G) are given on a project of the Third Generation Partnership Project (3GPP) to improve thrid generation mobile phone standard. Because equalization technological advances in many areas including Surabaya and Madura, it would require an application of LTE technology in the region, especially the Bridge. These applications will not run without good planning on an LTE network to cover the entire area of the longest bridge. So that the implementation can be optimized LTE it is necessary to design the coverage area of LTE, the link budget and the number of eNode B required.

In this study, will be planning LTE network in the 1800 MHz frequency along the longest bridge (Surabaya Madura). Planning will be done using conventional methods, namely in terms of coverage and capacity in the radio access side. Then do the planning in accordance with the neighbour relations and Phisical Cell Identity (PCI). PCI is one parameter with a value between 0 and 503 that are used to provide the identity of each transmitter to send information to each user in a particular cell. So users in other cells do not interfere with the information in the cell because the code given qualified PCI free collision and confusion free.

The parameters in this thesis done according to the standard telecom vendor Huawei. PCI allocation should be made in LTE to identify a cell. Simulations use planning and optimization software Atoll from Forsk. Comparing before and after the allocation of PCI, it can reduce the interference level indicated increased probability of an area with a small BLER value is 9,002km² km to 9.123 km² increased by 0.85%, then because of interference which reduced the average value of C / (I + N) rose by 11.23 dB 11.24 dB previously, so the average user throughput increased from becoming 38093.06 38067.28 kbps kbps.

Keywords: Long Term Evolution (LTE), link budget, coverage, capacity, free collision, free confusion, PCI

1. Pendahuluan

Jumlah pengguna internet di Indonesia akan terus meningkat tiap tahunnya. Meningkatnya jumlah pengguna internet ini tidak terlepas dari adanya teknologi 3G saat ini yang memberikan kelancaran akses data secara mobile. Semakin banyak pengguna yang mengakses data, maka kualitas sebuah jaringan akan semakin menurun.

Upaya yang dilakukan oleh operator seluler agar layanan data tetap terjaga kualitasnya adalah dengan menerapkan teknologi 4G Long Term Evolution (LTE). Teknologi LTE merupakan evolusi teknologi GSM yang mempunyai data rate lebih tinggi dibanding dengan teknologi 3G yaitu mencapai 100Mbps untuk *downlink* dan 50 Mbps untuk *uplink*. Penerapan teknologi LTE sangat cocok untuk operator seluler karena cukup dengan mengupgrade jaringan di sisi Radio Frekuensi (RF), sehingga memberikan efisiensi dibanding dengan membangun infrastruktur jaringan dari awal. Meskipun teknologi LTE mempunyai fleksibilitas dalam penggunaan *bandwidth*, namun *bandwidth* yang ideal digunakan yaitu 20 MHz.

Dalam Tugas Akhir ini, akan dirancang jaringan LTE dengan menggunakan metode *planning* berdasarkan: capacity, coverage dengan perencanaan pada frekuensi kerja 1800 MHz dan bandwidth 20MHz. Setelah itu akan dilakukan tahap perencanaan selanjutnya dengan menggunakan Physical Cell Identity (PCI) *planning* untuk dapat memberi suatu kode unik pada setiap cell dengan frekuensi alokasi maksimum kemudian dirancang beberapa skenario penggunaan alokasi PCI *reuse*, sehingga didapatkan antar cell tidak saling menginterferensi dengan adanya pemberian identitas di masing-masing cell. Dengan adanya penurunan interferensi ini maka diharapkan SINR dapat meningkat sehingga throughput dapat meningkat.

2. Landasan Teori

2.1 Long Term Evolution[1]

Long Term Evolution (LTE) adalah suatu set perangkat tambahan *Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS) yang diperkenalkan oleh 3rd Generation Partnership Project (3GPP) merupakan teknologi radio yang dirancang untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringan sistem komunikasi bergerak dari pendahulunya. Teknologi ini mampu memberikan kecepatan akses data hingga mencapai 100 Mbps pada sisi downlink dan 50 Mbps pada sisi uplink. Selain itu, LTE mampu mendukung aplikasi yang secara umum terdiri dari layanan voice, data, video, termasuk juga IPTV.

2.2 Fleksibilitas Spektrum FDD dan TDD

FDD merupakan teknik duplex yang menggunakan dua frekuensi yang berbeda untuk melakukan komunikasi dalam dua arah. Dengan menggunakan FDD dimungkinkan untuk mengirim dan menerima sinyal secara simultan dengan frekuensi yang berbeda, dimana hal ini merupakan salah satu keunggulan teknologi LTE. Untuk memisahkan frekuensi pengiriman dan penerimaan dibutuhkan guard frequency dan proses filtering frekuensi yang akurat. TDD menggunakan frekuensi tunggal dan frekuensi tersebut digunakan oleh semua kanal untuk melakukan pengiriman dan penerimaan data. Setiap kanal tersebut di-multiplexing dengan menggunakan basis waktu sehingga setiap kanal memiliki time slot yang berbeda.

2.3 Arsitektur Jaringan LTE

Jaringan LTE dibagi menjadi dua jaringan besar, yaitu E-UTRAN (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*) dan EPC (*Evolved Packet Core*) yang merupakan komponen jaringan baru pada arsitekturnya. Dalam arsitektur jaringan LTE, terdapat empat level utama yakni User Equipment (UE), Evolved UTRAN (E-UTRAN), Evolved Packet Core Network (EPC), dan service domain. E-UTRAN merupakan jaringan akses yang terdiri dari eNodeB (*evolved NodeB*) dan UE, sedangkan EPC merupakan evolusi jaringan core pada LTE. Yang termasuk dalam bagian dari EPC adalah MME (*Mobile Management Entity*), SGW (*Serving SAE Gateway*), PGW (PDN Gateway), serta PCRF (*Policy and Charging Rules Function*).

2.4 Physical Cell Identity

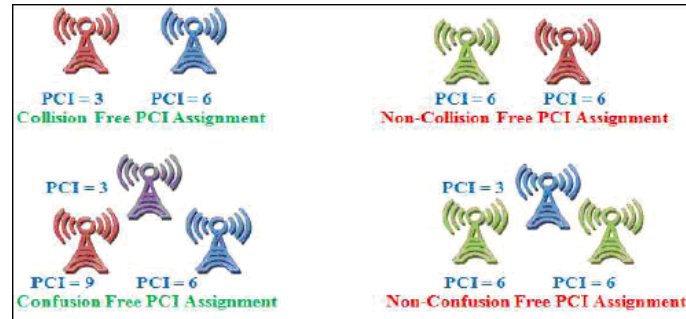
Untuk dapat mengakses jaringan diperlukan Physical Cell Identity (PCI) yang digunakan oleh UE untuk identifikasi cell, dengan sinkronisasi waktu dan frekuensi. Prinsip kerja dari PCI hampir sama dengan pengalokasian scrambling code (SC) yang digunakan untuk membedakan dan memberi identitas sel dalam sistem WCDMA. PCI memiliki 504 kode dengan pembagiannya terdapat 168 grup pada 3 identitas cell. Tiga identitas cell dalam 1 grup biasanya disebut cell sektor yang dikontrol dalam eNodeB yang sama. Dengan pengalokasian PCI berkaitan erat dengan Neighbour Cell Relation (NCR) list yang dapat otomatis dapat diperbarui, salah satunya dengan melihat laporan pengukuran handover yang terjadi. PCI harus unik untuk mengidentifikasi cell tetangga dalam hal melayani trafik eNodeB. Jarak penggunaan kembali kode tersebut harus cukup besar, sehingga UE

tidak dapat menghitung dan memberi laporan kepada 2 cell dengan PCI yang sama, Tujuannya untuk mengetahui sinyal referensi untuk downlink dan uplink.

2.4.1 Skema Pengalokasian PCI

PCI berfungsi sebagai pengidentifikasi utama dalam prosedur handover. Agar proses handover berjalan dengan sukses, maka alokasi PCI dalam jaringan LTE harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Collision-free, berarti kode PCI harus unik dalam suatu area dimana suatu sel dicakup. Kondisi ini terjadi jika terdapat dua sel tetangga yang tidak memiliki kode PCI yang sama.
2. Confusion-free, berarti sebuah sel tidak diperbolehkan memiliki sel tetangga dengan PCI sama yang berdekatan. Kondisi ini terjadi jika tidak ada satupun sel-sel yang memiliki 2 sel tetangga dengan PCI yang berdekatan.



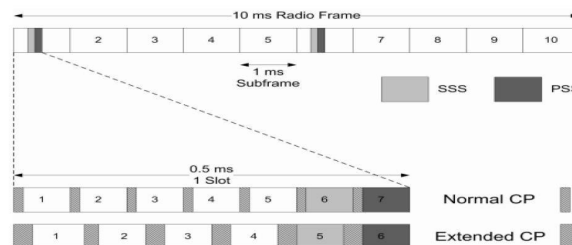
Gambar 2.4 Collision dan Confusion pada PCI [4]

2.4.2 Sinkronisasi Sinyal

Deteksi sinyal *broadcast* tiap cell yang dibawa oleh *Physical Broadcast Channel* (PBCH) akan didekodekan oleh UE. Selanjutnya dilakukan proses sinkronisasi frekuensi dan waktu yang didapat dengan menggunakan *Primary Synchronization Signal* (PSS) dan *Secondary Synchronization Signal* (SSS). Pendeteksian kedua sinyal tersebut tidak hanya untuk sinkronisasi waktu dan frekuensi, tapi juga untuk memberikan informasi ke UE dengan *physical layer identity*, informasi panjang dari *cyclic prefix* yang merupakan panjang simbol tambahan dalam sistem OFDM untuk mengatasi *inter symbol interference* (ISI), dan juga memberikan informasi kepada UE mengenai cell yang ditempati menggunakan sistem *frequency division duplex* (FDD) atau *time division duplex* (TDD).

2.4.3 Konfigurasi Struktur PSS dan SSS

Sinyal PSS dan SSS dalam FDD dikirimkan setiap 5 block sub-frame atau setengah block frame pada LTE dengan waktu 5ms, yaitu pada 6 *resource block* (RB) setengah dari semua *bandwidth*, serta pada *subframe* ke-0 dan ke-5. PSS yang disebut juga *physical layer identities* membawa informasi untuk mendeteksi frekuensi *carrier* yang digunakan atau identitas yang membawa informasi sel dalam satu site yang sama dengan mendeteksi waktu simbol SCH. PSS dikirimkan pada simbol OFDM simbol ke-6. Identitas dari PSS ID yaitu dari 0-2 berjumlah 3 digit yaitu 3 sel dalam lingkup satu site yang sama.



Gambar 2.5 Struktur frame dan slot PSS [4]

SSS yang biasa juga disebut *physical-layer cell identity group* memiliki kegunaan dalam membawa informasi berupa deteksi *radio frame timing*, deteksi sistem antenna MIMO yang digunakan dan konfigurasi dari *cyclic prefix*. SSS dikirimkan pada simbol OFDM ke-5. Identitas dari grup SSS ID yaitu dari 0-167.

2.5 Capacity Planning

2.5.1 Forecasting Jumlah Pelanggan

Merencanakan jaringan LTE tidak terlepas dari aspek *capacity* dan aspek *coverage*. Capacity planning menitik beratkan pada inputan berupa user traffic, jenis layanan yang diberikan oleh jaringan, jumlah pengguna layanan serta menentukan jumlah bandwidth yang dapat melayani semua jenis layanan yang dibutuhkan user. Tiap tahunnya jumlah pelanggan yang memanfaatkan jaringan LTE akan semakin meningkat, begitu pula yang melewati jembatan Suramadu. Untuk itu diperlukan sebuah perencanaan kapasitas jaringan yang mencukupi jumlah pelanggan beberapa tahun kedepan. Jumlah pelanggan dimasa yang akan datang dapat dihitung melalui metode forecasting.

Menurut data dari PT Jasamarga jumlah kendaraan yang melintasi jembatan Surmadu terdiri dari:

No.	Golongan Kendaraan	Tahun
		2014
1	I. Sedan, Jeep, Pick Up, Truck kecil dan Bus	2.552.873
2	Ii. Truck Dua (2) Gardan	398.643
3	Iii. Truck Tiga (3) Gardan	20.307
4	Iv. Truck Empat (4) Gardan	2.984
5	V. Truck Lima (5) Gardan	730
6	Vi. Sepeda motor	5.882074
Jumlah		8.857.611

Tabel 2.2 Jenis Kendaraan yang melewati Jembatan Suramadu

Untuk memperhitungkan estimasi jumlah kendaraan yang melewati jembatan Suramadu pada tahun 2019 akan digunakan metode forecasting dengan persamaan sebagai berikut.

$$U_n = U_0 (1 + fp)^n \dots\dots\dots(1.16)$$

Dimana U_n = jumlah penduduk / pengguna kendaraan pada tahun yang direncanakan
 U_0 = jumlah penduduk / pengguna kendaraan pada tahun awal perhitungan
 n = jumlah tahun *forecasting*
 fp = laju pertumbuhan

2.6 Coverage Planning

2.6.1 Uplink Calculation

Untuk arah uplink *Power Receiver* digambarkan sebagai *Receiver Sensitivity* (RS) dari UE arah *uplink* .

$$RSeNodeB = SINR + TNeNodeB + NFeNodeB \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

RSeNodeB : Receiver Sensitivity (dBm)
NFeNodeB : Noise Figure eNodeB (dB)
TNeNodeB : Thermal Noise per sub-carrier (dBm)
SINR : Required Signal Interference Noise Ratio (dB)

Sehingga akan didapatkan persamaan *Minimum Signal Reception Strenght* (MSRS) *uplink* adalah sebagai berikut :

$$MSRS = RSeNodeB + Lcable + IM + GR \dots\dots\dots(3.10)$$

Dimana

MSRS : Minimum Signal Reception Strenght (dBm)
RSeNodeB : Receiver Sensitivity eNodeB (dBm)

Lcable : Loss cable receiver (dB)
 Lcable : Loss cable receiver (dB)
 IM : Interference Margin (dB)
 GR : Gain antenna receiver (dB)

Kemudian didapat persamaan MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) untuk arah *uplink* adalah :

$$\mathbf{MAPL_{uplink} = EIRP_{subcarrier} - MSRS - PL - SF}.....(4.10)$$

Dimana

MAPL_{uplink} : Maximum Allowable Path Loss uplink (dB)
 EIRP_{subcarrier}: Equivalent Isotropic Radiated Power subcarrier (Bm)
 MSRS : Minimum signal reception strenght (dBm)
 PL : Penetration loss (dB)
 SF : Shadow fading margin (dB)

2.6.2 Downlink Calculation

Untuk arah *Downlink*, persamaan EIRP (*Equivalent Isotropic Radiated Power*) *subcarrier* adalah :

$$\mathbf{EIRP_{subcarrier} = P_{subcarrier} + GT - LT_{cable}}.....(5.10)$$

Keterangan

P_{subcarrier} : subcarrier power transmit (dBm)
 GT : gain antena trasnmmitter (dBi)
 LT_{cable} : loss cable transmitter (dB)

Sedangkan untuk persamaan *Receiver Sensitivity* (SR) arah *downlink* adalah sebagai berikut :

$$\mathbf{RS_{ue} = TN + NF_{ue} + SINR}.....(6.10)$$

Dimana :

RS_{ue} : *Receiver Sensitivity* (dBm)
 TN : *Thermal Noise* per subcarrier (dBm)
 NF_{ue} : *Noise Figure* UE (dB)
 SINR : *Required Signal Interference Noise Ratio* (dB)

Sehingga akan didapatkan persamaan *Minimum Signal Reception Strenght* (MSRS) *downlink* adalah sebagai berikut :

$$\mathbf{MSRS = RS_{ue} + LR_{body} + IM}.....(7.10)$$

Dimana :

MSRS : *Minimum Signal Reception Strenght* (dBm)
 RS_{ue} : *Receiver Sensitivity* UE (dBm)
 LR_{body} : *Loss body receiver* (dB)
 IM : *Interference Margin* (dB)

Kemudian didapat persamaan MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) untuk arah *downlink* adalah :

$$\mathbf{MAPL_{downlink} = EIRP_{subcarrier} - MSRS - PL - SF}.....(8.10)$$

Dimana :

MAPL_{downlink} : *Maximum Allowable Path Loss downlink* (dB)

EIRP_{subcarrier} : *Equivalent Isotropic Radiated Power subcarrier* (dBm)

MSRS : *Minimum signal reception strenght* (dBm)

PL : *Penetration loss* (dB)

SF : *Shadow fading margin* (dB)

2.6.3 Perhitungan Jari-Jari Cell

Perencanaan dengan frekuensi 1800 MHz, untuk LTE digunakan model propagasi Cost 231 Hatta yang bekerja pada frekuensi 1500 - 2000 MHz. Persamaan:

$$PL = 46,3 + 33,9(\log f_c) + 13,82 \log h_T - a(h_R) + (44,9 - 6,55 \log h_T) \log d - C_M \dots (9.14)$$

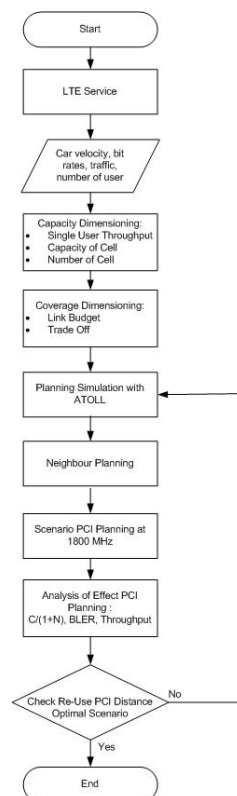
Dimana:

- f : frequency transmisi
- h_R : tinggi antenna receiver
- d : jarak (km)
- h_T : tinggi antenna transmitter
- a : faktor koreksi tinggi antenna
- C_M : urban = 0 dB
dense urban = 3dB

3. Perancangan

3.1 Langkah Perancangan

Pada bagian ini memaparkan tahapan perancangan LTE. Langkah sistematis akan dijelaskan melalui diagram alir untuk proses pengerjaan tugas akhir digambarkan sebagai berikut:



3.2 Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan

3.3 Capacity Planning

Untuk mendapatkan *cell average throughput* pada DL dan UL menggunakan perhitungan persamaan (6.9) dengan memerhatikan *throughput* pada setiap layernya yaitu yang terdiri dari IP, PDCP, RLC, MAC dan Physical. Dalam perhitungan *number of eNodeB* di dapatkan hasil terbesar dari pembagian *total network throughput* terhadap *cell average throughput* dan *site capacity* dengan menggunakan persamaan (7.9), (8.9), (10.9), (11.9). Kemudian akan mendapatkan *cell radius* dengan menggunakan persamaan (13.9).

Tabel 3.4 Perhitungan radius cell

ITEM	OPEN AREA	
	Uplink	Downlink
Total Target User (Jiwa)	7572	
Single User Throughput (kbps)	1.22	5.71
Total Network Throughput (IP Layer) (Mbps)	9.22	43.19
Total Network Throughput (MAC Layer) (Mbps)	9.40	44.07
Cell Average Throughput (Mbps)	80.90	67.40
Site Capacity (Mbps)	161.80	134.80
Number of eNodeB	1	1
Number of eNodeB by Capacity	7572	7572
Cell Coverage	1.09	1.09
Radius Cell 2 sector (km)	0.46	0.46

3.4.1 Perhitungan Path Loss

Untuk frekuensi 1800 MHz dan daerah Open Areas menggunakan model propagasi COST 231-Hatta untuk perhitungan uplink dan downlink.

$$PL_{uplink} = 46,3 + 33,9 (\log F) - 13,82 \log h_T - a(h_R) + (44,9 - (6,55 \log h_T)) \log D - CM$$

$$PL_{uplink} = 46,3 + 33,9 (\log 1800) - 13,82 \log 30 - a(h_R) + (44,9 - (6,55 \log 30)) \log 0,462 - 0$$

Dimana $a(h_R) = (1,1 \log F - 0,7)H_R - (1,56 \log F - 0,8)$

$$a(h_R) = (1,1 \log 1800 - 0,7)1,5 - (1,56 \log 1800 - 0,8)$$

$$a(h_R) = 4,321 - 4,278$$

$$a(h_R) = 0,043$$

$$PL_{uplink} = 46,3 + 110,35 - 20,41 - 0,043 + (44,9 - 9,675)0,050$$

$$PL_{uplink} = 46,3 + 110,35 - 20,41 - 0,043 - 11,81$$

$$PL_{uplink} = 124,38 \text{ dB}$$

Sedangkan untuk arah downlinknya adalah sebagai berikut:

$$PL_{downlink} = 46,3 + 33,9 (\log F) - 13,82 \log h_T - a(h_R) + (44,9 - (6,55 \log h_T)) \log D - CM$$

$$PL_{downlink} = 46,3 + 33,9 (\log 1800) - 13,82 \log 30 - a(h_R) + (44,9 - (6,55 \log 30)) \log 0,462 - 0$$

Dimana $a(h_R) = (1,1 \log F - 0,7)H_R - (1,56 \log F - 0,8)$

$$a(h_R) = (1,1 \log 1800 - 0,7)1,5 - (1,56 \log 1800 - 0,8)$$

$$a(h_R) = 4,321 - 4,278$$

$$a(h_R) = 0,043$$

$$PL_{downlink} = 46,3 + 110,35 - 20,41 - 0,043 + (44,9 - 9,675)0,050$$

$$PL_{downlink} = 46,3 + 110,35 - 20,41 - 0,043 - 11,81$$

$$PL_{downlink} = 124,38 \text{ dB}$$

3.4 Coverage Planning

3.5.1 Uplink Calculation

Untuk arah uplink Power Receiver digambarkan sebagai Receiver Sensitivity (RS) dari UE arah uplink berdasarkan persamaan (1)

$$\begin{aligned} \mathbf{RSeNodeB} &= \mathbf{SINR} + \mathbf{TNeNodeB} + \mathbf{NFeNodeB} \\ &= -7 + 132,22 + 2,3 \\ &= 127,52 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Sehingga akan didapatkan persamaan (2) Minimum Signal Reception Strenght (MSRS) Uplink adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mathbf{MSRS} &= \mathbf{RSeNodeB} + \mathbf{Lcable} + \mathbf{IM} + \mathbf{GR} \\ &= 127,52 + 0,5 + 1 + 18 \\ &= 147,02 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Kemudian didapat persamaan (3) MAPL (Maximum Allowable Path Loss) untuk arah uplink adalah:

Tabel 3.2 Link Budget Uplink LTE [10]

Uplink	Parameter	Value	Unit
General	Bandwidth (MHz)	20	A
	Resource Block	100	B=A*0.9/180
	Allocated Resource Block	4	C
UE	Max total Tx Power (dBm)	23	D
	Sub-carrier Power (dBm)	6.19	E= D-log (12*C)
	Tx Body Loss	0	F
	EIRP per subcarrier	16.81	H=D-E-F
EnB	SINR (dB)	-7	I
	UE Noise figure (dB)	2.3	J
	Thermal Noise (dB)	132.22	K= 10 log (1.38*10 ⁻²³ *290*15000)
	Receiver Sensitivity (dBm)	127.52	L=I+J+K
	Receiver Antena Gain (dBi)	18	M
	UE Cable Loss (dB)	0.5	N
	Interference Margin (dB)	1	O
	MSRS (dBm)	147.02	P= L+M+N+O
	Penetration Loss (dB)	15	Q
	Shadow Fading Margin (dB)	8	R
	Path Loss (dBm)	-153.21	S=H-P-Q-R

3.5.2 Downlink Calculation

Untuk arah downlink, persamaan (4) EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power) *subcarrier* adalah:

$$\begin{aligned} \mathbf{EIRP_{subcarrier}} &= \mathbf{P_{subcarrier}} + \mathbf{GT} - \mathbf{LT_{cable}} \\ &= 15,21 + 15 - 3 \\ &= 27,21 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk persamaan (5) Receiver Sensitivity (SR) arah downlink adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mathbf{RSue} &= \mathbf{TN} + \mathbf{NFue} + \mathbf{SINR} \\ &= 132,22 + 7 + (-9) \\ &= 130,22 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Sehingga akan didapatkan persamaan (6) Minimum Signal Reception Strenght (MSRS) Downlink adalah:

$$\mathbf{MSRS} = \mathbf{RSue} + \mathbf{LRbody} + \mathbf{IM}$$

$$=130,22 + 0 + 4$$

$$= 134,22 \text{ dBm}$$

Tabel 3.3 Link Budget Downlink LTE [10]

Downlink	Parameter	Value	Unit
General	Bandwidth (MHz)	20	A
	Resource Block	100	$B=A*0.9/180$
EnodeB	Max total Tx Power (dBm)	46	C
	Sub-carrier Power (dBm)	15.21	$D=C-10 \log (12*B)$
	Cable Loss (dB)	3	E
	Antena Gain (dB)	18	F
	EIRP per subcarrier	30.21	$G=D-E-F$
UE	SINR (dB)	-9	H
	UE Noise figure (dB)	7	I
	Thermal Noise (dB)	132.22	$J= 10 \log (1.38*10^{-23}*290*15000)$
	Receiver Sensitivity (dBm)	130.22	$K=H+I+J$
	UE Body Loss (dB)	0	L
	UE Cable Loss (dB)	0	M
	Interference Margin (dB)	4	N
	MSRS (dBm)	134.22	$P= L+M+N+O$
	Penetration Loss (dB)	15	Q
	Shadow Fading Margin (dB)	8	R
	Path Loss (dBm)	-127.01	$S=H-P-Q-R$

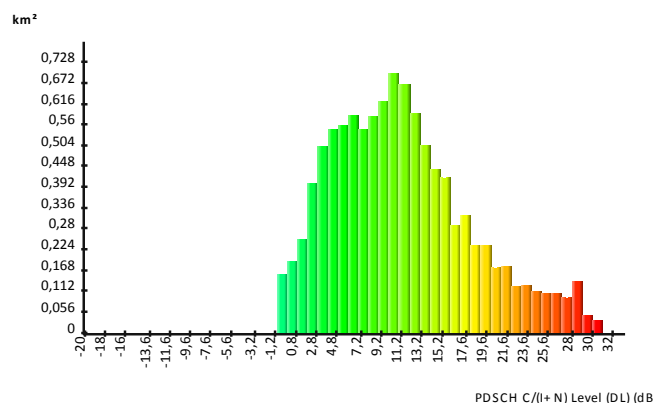
3.5.3 Trade Off Planning

Setelah membandingkan antara MAPL dari capacity dengan nilai 124,38 dB dengan MAPL dari sisi coverage 127,01 dB maka ditemukan selisih 2,63 dB maka sudah memenuhi syarat selisih untuk trade off yaitu antara 0-5 dB.

4. Analisis dan Simulasi

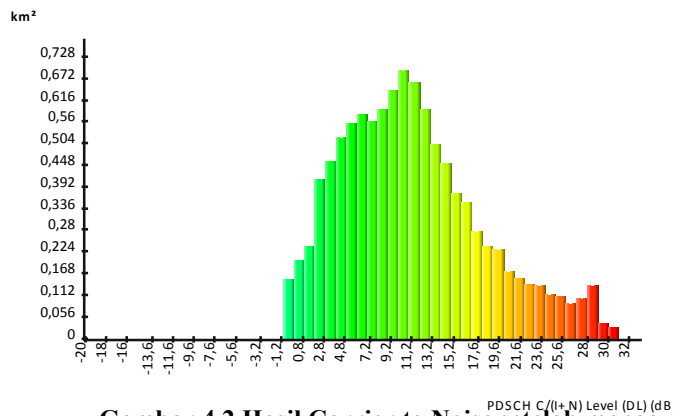
4.1 Analisis Distribusi Carrier to Interference Noise

Dalam penggunaan *Physical Cell Identity* (PCI) ini pengaruh interferensi yang didapatkan semakin kecil jika dibandingkan sebelum menggunakan PCI. Karena setiap sel akan diberikan identitas yang berbeda dengan sel lain sehingga mengurangi tingkat interferensi. Dengan menggunakan PCI ini dapat meningkatkan nilai rata-rata $C/(I+N)$ sebesar 0,85%.



Gambar 4.1 Hasil Carrier to Noise sebelum menggunakan PCI

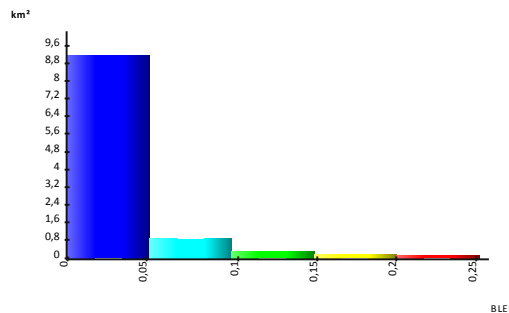
Dari hasil simulasi atoll menunjukkan bahwa dengan menggunakan PCI dapat meningkatkan nilai rata-rata $C/(I+N)$ sebesar 11,23 dB yang sebelum menggunakan PCI nilai rata-rata sebesar 11,24 dB.



Gambar 4.2 Hasil Carrier to Noise setelah menggunakan PCI

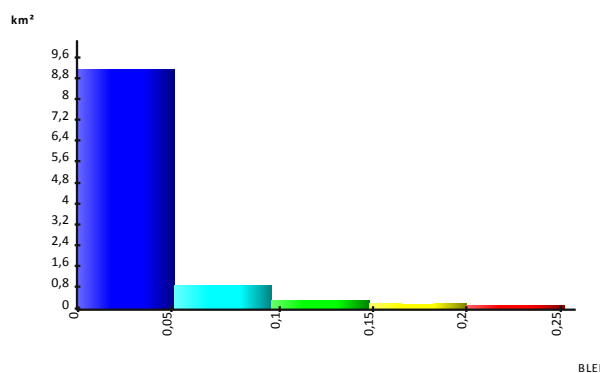
4.2 Analisis Distribusi Quality Indicator

Dalam setiap transmisi data sepanjang Jembatan Suramadu ini dapat mengetahui nilai *Block Error Rate* (BLER) dari hasil simulasi dengan menggunakan software Atoll. Dimana hasil dalam simulasi tersebut menunjukkan bahwa nilai BLER rata-rata 0,02 sedangkan nilai range 0 – 0,05 persentase terbesar nilai BLER yang didapatkan dalam simulasi tersebut. Semakin kecil nilai BLER semakin bagus pula transmisi datanya begitu pula sebaliknya.



Gambar 4.3 Hasil Block Error Rate sebelum menggunakan PCI

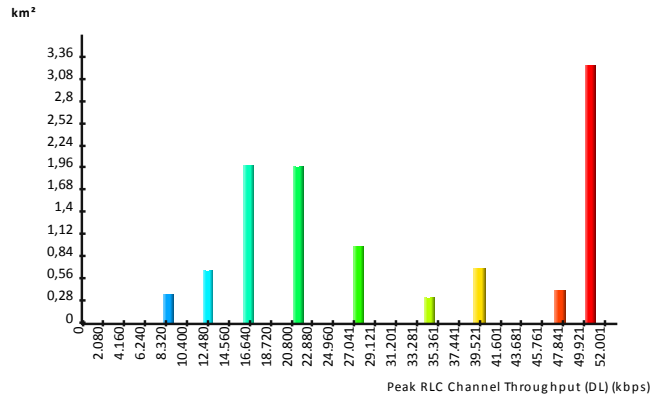
Hasil simulasi Atoll menunjukkan bahwa *Block Error Rate* (BLER) dengan menggunakan PCI dapat meningkatkan probabilitas suatu daerah dengan nilai BLER semakin bagus yaitu mencapai 9,123 km² sedangkan sebelum menggunakan PCI hanya mencapai 9,002 km² pada area Jembatan Suramadu.



Gambar 4.4 Hasil Block Error Rate setelah menggunakan PCI

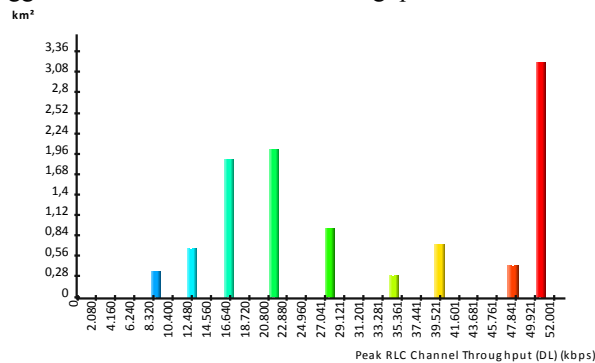
4.3 Analisis Distribusi Throughput

Di sepanjang area Jembatan Suramadu dan sekitarnya juga dapat diukur nilai parameter throughput yang diterima oleh setiap user. Nilai parameter throughput ini akan berpengaruh terhadap kualitas kanal yaitu semakin besar nilai *Channel Quality Indicator* (CQI) maka semakin besar pula *throughput* yang didapatkan begitu juga sebaliknya. Dalam simulasi menggunakan Atoll menunjukkan bahwa *throughput* rata-rata bernilai 38,067 Mbps untuk Jembatan Suramadu dan throughput yang paling besar persentasenya adalah nilai 38,093 Mbps.



Gambar 4.5 Hasil Throughput sebelum menggunakan PCI

Dengan menggunakan PCI dapat meningkatkan nilai *throughput* rata-rata yaitu sebesar 14.586,35 kbps sedangkan tanpa menggunakan PCI nilai rata-rata *throughput* sebesar 14.468,17 kbps.



Gambar 4.6 Hasil Throughput setelah menggunakan PCI

5. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan bandwidth 20MHz, 1 site masih mampu melayani pelanggan hingga lima tahun kedepan. Sehingga semakin tinggi bandwidth maka kapasitas sistem juga semakin meningkat. Dari segi kapasitas, jaringan LTE di Jembatan Suramadu dapat menampung hingga 7.572 user tiap site dengan berbagai macam layanan yang dapat diakses oleh user.

Dengan menggunakan PCI cukup berpengaruh pada nilai paramter BLER, $C/(1+N)$ dan *throughput*. Dalam penelitian ini interferensi bisa berkurang dengan penurunan BLER mencapai 0,98%. Peningkatan terjadi pada nilai $C/(1+N)$ sebesar 0,85% setelah diberi alokasi PCI. Sedangkan pada sisi *throughput* nilainya juga meningkat dari 38.067,28 Kbps menjadi 38.093,06 Kbps setelah diberikan PCI.

DARTAR PUSTAKA

- [1] Sesia, Stefania dkk. 2009. *LTE : The UMTS Long Term Evolution, From Theory to Practice second edition*. United Kingdom : John Wiley and Sons ltd.
- [2] Toskala, Antti, dan Holma, Harri. 2009. *LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA for Radio Access*. United Kingdom : John Wiley and Sons ltd.
- [3] Uke, Galuh dkk. 2013. *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Rekayasa Sains, Indonesia.
- [4] Prihatmoko, Galuh. 2011. "Coverage and Capacity Planning of Long Term Evolution (LTE) Network on Frequency 700 MHz on Railway". Departemen Elektro dan Komunikasi, Kampus Telkom University : Indonesia.
- [5] Dahlman, Erik dkk. 2008. *3G Evolution HSPA and LTE for Mobile Broadband -2nd Ed.* United Kingdom : Academic Press.
- [6] Amirijoo, Mehdi dkk. *Neighbor Cell Relation List and Physical Cell Identity Self-Organization in LTE*. Ericsson Research, Sweden.
- [7] Dalinar, Ikha. 2013. "Analysis Long Term Evolution (LTE) Network Planning at Frequency 700 MHz With Physical Cell Identity (PCI)". Departemen Elektro dan Komunikasi, Kampus Telkom University : Indonesia.
- [8] Persson, Patrik. 2008. *LTE Radio Access : Radio Interface Dimensioning & Planning*. RAN System Management Ericsson.
- [9] Huawei Technologies Co.Ltd..2010. *LTE Radio Network Capacity Dimensioning*.

- [10] Huawei Technologies Co.Ltd..2010.*LTE Radio Network Coverage Dimensioning*
- [11] Huawei Technologies Co.Ltd..2010. Long Term Evolution (LTE) Radio Access Network Planning
Guide.
- [12] ITU/BDT Arab Regional Workshop on “4G Wireless Systems” LTE Technology Performance
Evaluation – Tunisia 2010.
- [13] www.lte-bullets.com
- [14] www.is-wireless.com
- [15] Forsk software planning atoll 3.2.1
- [16] Regulator Management at Telkom Indonesia. “Nominal Planning by Capacity : Number of User.”
- [17] www.mobiletech-news.com
- [18] www.fwd.co.id